

## ارزیابی الگوریتمهای fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای برای آشکارسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم

\* حمیدرضا پوررضا و عادل قاضی خانی

عضو هیئت علمی گروه کامپیوتر دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

Email: hpourreza@um.ac.ir

چکیده - در این مقاله چند الگوریتم خوشه بندی مبتنی بر fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای برای آشکارسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم مورد ارزیابی قرار گرفته است. در الگوریتم fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای بر خلاف الگوریتم fuzzy c-means معمولی تابع هدف از اطلاعات محلی هم بهره می گیرد. این امر باعث بهبود نتایج و حساسیت کمتر نسبت به نویز می شود. مزیت استفاده از الگوریتمهای fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای نسبت به الگوریتمهای قبلی در آشکارسازی عروق تصاویر شبکیه چشم سادگی آنها است. در این مقاله الگوریتمها بر روی یک پایگاه داده استاندارد آزمایش و با الگوریتمهای قبلی مقایسه شده اند. نتایج نشان می دهد الگوریتمهای fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای در این کاربرد پاسخ مناسبی دارند.

کلید واژه - آشکارسازی عروق، تصاویر شبکیه، خوشه بندی

### ۱- مقدمه

قابل پیش گیری است. سازمان بهداشت جهانی آزمایش سالانه را به مبتلایان به دیابت توصیه می کند [2]. خودکار سازی فرایند آشکارسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم باعث سهولت آزمایشات خواهد شد.

روشهای قبلی آشکارسازی عروق در تصاویر شبکیه چشم را می توان به چند دسته تقسیم کرد. ۱- روشهایی مبتنی بر match filter [7]. ۲- روشهای مبتنی بر ردیابی [8]. ۳- روشهای مبتنی بر تشخیص الگو [9]. ۴- روشهای مبتنی بر آستانه یابی [10]. ۵- روشهای مبتنی بر مورفولوژی [11]. ۶- روشهای مبتنی بر رشدناحیه [12]. ۷- روشهای چند مقیاسی [13]. ۸- سایر روشها [14]. روشی که در این مقاله مورد ارزیابی قرار گرفته است یک روش خوشه بندی است. این روش در ۷ دسته اول قرار نمی گیرد.

در این مقاله هدف ارزیابی چند الگوریتم برای آشکارسازی عروق در تصاویر شبکیه است. این الگوریتمها، الگوریتمهای خوشه بندی fuzzy c-means با محدودیت فاصله

ارزیابی مشخصات عروق نقش مهمی در برخی از تشخیصات پزشکی دارد. در این فرایند باید ضخامت، رنگ، انحنای و انشعاب غیر عادی عروق اندازه گیری شود. آشکارسازی دستی عروق در شرایطی که تعداد عروق موجود در تصویر زیاد باشد و یا تعداد تصاویر مورد بررسی زیاد باشد خسته کننده و گاهی اوقات غیر ممکن است.

در این مقاله تمرکز بر روی تقطیع خودکار عروق در تصاویر رنگی شبکیه است. تصاویر شبکیه با عکس برداری از ته چشم بدست می آیند. این کاربرد برای تشخیص بیماری دیابت retinopathy مورد استفاده قرار می گیرد. ۵،۵ درصد از جمعیت مردم دنیا مبتلا به بیماری دیابت هستند. تقریباً ۱۰ درصد افراد مبتلا به دیابت، مبتلا به دیابت retinopathy نیز هستند. این بیماری باعث نابینایی در فرد بیمار می شود. این نوع نابینایی با تشخیص زودهنگام

ای [3,4,5,6] هستند.

در تمام الگوریتمهای این مقاله روند کلی شامل چند مرحله است. در ابتدا تعداد خوشه ها مشخص شده و خوشه ها مقدار دهی اولیه می شوند. سپس با استفاده از روابط بدست آمده برای  $u, v$  ، این مقادیر بروزرسانی می شوند. در پایان تفاوت بین  $u, v$  جدید با  $u, v$  قبلی بدست می آید. این روند تا رسیدن به یک تفاوت مشخص ادامه می یابد. در الگوریتم fuzzy c-means روابط  $u, v$  بصورت زیر هستند.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (2)$$

$$u_{ik} = \sum_{j=1}^c \left( \frac{\|x_k - v_i\|}{\|x_k - v_j\|} \right)^{\frac{-2}{m-1}} \quad (3)$$

### ۲-۳ - fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای اولیه

این الگوریتم [3] اولین الگوریتم fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای ارائه شده می باشد. تابع هدف الگوریتم خوشه بندی بصورت زیر است.

$$J_m = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \|x_k - v_i\|^2 \quad (4)$$

$$+ \frac{\alpha}{N_R} \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \left( \sum_{x_r \in N_k} \|x_r - v_i\|^2 \right)$$

تفاوت این تابع هدف با تابع هدف الگوریتم fuzzy c-means معمولی در قسمت دوم رابطه است.  $N_k$  یک همسایگی از پیکسل  $k$  ام ،  $N_R$  تعداد پیکسهای همسایه و  $\alpha$  میزان تاثیر همسایه ها را مشخص می کند. مقدار  $\alpha$  بصورت سعی و خطا تعیین می شود. تاثیر همسایه ها سبب کاهش حساسیت نسبت به نویز و حفظ بهتر جزئیات می شود. با مشتق گیری از این رابطه روابط  $u, v$  بدست می آیند.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik}^p \left( x_k + \frac{\alpha}{N_R} \sum_{r \in N_k} x_r \right)}{(1 + \alpha) \sum_{k=1}^N u_{ik}^p} \quad (5)$$

مقاله به اینصورت مرتب شده است. در قسمت ۲ رویه پیش پردازش تصاویر بیان شده است. در قسمت ۳ الگوریتمهای تقطیع استفاده شده برای آشکارسازی عروق معرفی شده اند. در قسمت ۴ نتایج آزمایشات گزارش شده اند و در قسمت ۵ نتیجه گیری انجام شده است.

### ۲- پیش پردازش

تصاویر مربوط به شبکه معمولا دارای کنتراست پایین هستند. در قسمت پیش پردازش هدف بهبود کنتراست تصاویر است. برای این منظور از یک الگوریتم سه مرحله ای استفاده شده است. ابتدا با استفاده از آشکارساز لبه Canny لبه ها تقویت می شوند. سپس تصویر با استفاده از چند ماسک آشکار ساز خط کانوالو می شود. در هر پیکسل ماسکی که بالاترین پاسخ را داشت بانصورت جمع می شود [18]. در نهایت با استفاده از یک الگوریتم مورفولوژی [19] با عناصر ساختاری غیر مسطح [20] تصویر بهبود کنتراست داده می شود.

### ۳- الگوریتمهای تقطیع

در ابتدا الگوریتمهای استفاده شده تشریح می شوند.

#### ۳-۱- Fuzzy c-means

الگوریتم fuzzy c-means یک الگوریتم خوشه بندی است [1]. در این الگوریتم عضویت یک داده در یک خوشه یک مفهوم فازی است. در الگوریتمهای خوشه بندی یک تابع هدف وجود دارد که مشخص کننده فاصله داده ها از خوشه ها می باشد. تابع هدف در این الگوریتم بصورت زیر است.

$$J_m = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \|x_k - v_i\|^2 \quad (1)$$

در این رابطه  $c$  تعداد خوشه ها،  $N$  تعداد پیکسلهای تصویر،  $p$  میزان فازی سازی،  $x_k$  پیکسل  $k$  ام،  $v_i$  خوشه  $i$  ام و  $u_{ik}$  درجه عضویت پیکسل  $k$  ام را به خوشه  $i$  ام تعیین می کند. در الگوریتم fuzzy c-means هدف مینیمم سازی این تابع است. در تمام الگوریتمهای این مقاله با مشتق گیری از تابع هدف روابطی برای  $u, v$  بدست می آید که بوسیله آنها مینیمم تابع هدف با یک الگوریتم تکراری بدست می آید.

$$\xi_k = \frac{1}{1+\alpha} \left( x_k + \frac{\alpha}{N_R} \sum_{j \in N_k} x_j \right) \quad (10)$$

پارامترهای استفاده شده در این رابطه همان پارامترهای الگوریتمهای قبل است. فرایند تقطیع بر روی هیستوگرام تصویر  $\xi$  انجام می شود.

در این الگوریتم تابع هدف از رابطه زیر بدست می آید.

$$J_m = \sum_{i=1}^c \sum_{l=1}^q \gamma_l u_{il}^p (\xi_l - v_i)^2 \quad (11)$$

در این رابطه  $\gamma_l$  مشخص کننده تعداد پیکسلها با سطح خاکستری  $l$  در تصویر است. با مشتق گیری از این رابطه روابط  $u, v$  بدست می آیند.

$$v_i = \frac{\sum_{l=1}^q \gamma_l u_{il}^p \xi_l}{\sum_{l=1}^q \gamma_l u_{il}^p} \quad (12)$$

$$u_{ik} = \frac{(\xi_l - v_i)^{-2/(p-1)}}{\sum_{j=1}^c (\xi_l - v_j)^{-2/(p-1)}} \quad (13)$$

### ۳-۵ - fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای

#### سریع و عمومی

کارایی الگوریتمهای [3,4,5] وابستگی شدیدی به پارامتر  $\alpha$  دارد. در الگوریتم Cai [6] این پارامتر اصلاح شده است. در این الگوریتم پارامتر  $S_{ij}$  جایگزین پارامتر  $\alpha$  شده است. پارامتر  $S_{ij}$  از رابطه زیر بدست می آید.

$$S_{ij} = \begin{cases} S_{s-ij} \times S_{g-ij}, & j \neq i \\ 0, & j = i \end{cases} \quad (14)$$

در این رابطه  $i$  پیکسل وسط یک پنجره و  $z$  پیکسلهای همسایه آن هستند. رابطه مکانی و  $S_{g-ij}$  رابطه سطح خاکستری بین  $i, z$  را تعیین می کنند و از روابط (۱۵) و (۱۶) بدست می آیند.

$$S_{s-ij} = \exp\left(\frac{-\max(|p_j - p_i|, |q_j - q_i|)}{\lambda_s}\right) \quad (15)$$

$$u_{ik} = \frac{\left( \|x_k - v_i\|^2 + \frac{\alpha}{N_R} \sum_{r \in N_k} \|x_r - v_i\|^2 \right)^{-1/(p-1)}}{\sum_{j=1}^c \left( \|x_k - v_j\|^2 + \frac{\alpha}{N_R} \sum_{r \in N_k} \|x_r - v_j\|^2 \right)^{-1/(p-1)}} \quad (6)$$

### ۳-۳ - fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای

#### میانگین و میانه

این الگوریتم [4] برای کاهش بار محاسبات الگوریتم Ahmed [3] ارائه شده است. در این الگوریتم تابع هدف بصورت زیر است.

$$J_m = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \|x_k - v_i\|^2 \quad (7)$$

$$+ \alpha \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^N u_{ik}^p \|\bar{x}_k - v_i\|^2$$

با مشتق گیری از این رابطه ، روابط  $u, v$  بدست می آیند.

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^N u_{ik}^p (x_k + \alpha \bar{x}_k)}{(1+\alpha) \sum_{k=1}^N u_{ik}^p} \quad (8)$$

$$u_{ik} = \frac{\left( \|x_k - v_i\|^2 + \alpha \|\bar{x}_k - v_i\|^2 \right)^{-1/(p-1)}}{\sum_{j=1}^c \left( \|x_k - v_j\|^2 + \alpha \|\bar{x}_k - v_j\|^2 \right)^{-1/(p-1)}} \quad (9)$$

در این الگوریتم ابتدا تصویر میانگین و یا میانه بدست می آید. در صورت استفاده از تصویر میانگین الگوریتم نسبت به نویز گوسین و در صورت استفاده از تصویر میانه الگوریتم نسبت به نویز نمک و فلفل مقاوم است.

### ۳-۴ - fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای

#### تقویت شده

این الگوریتم [5] برای افزایش سرعت الگوریتم Ahmed [3] ارائه شده است. در این روش ابتدا یک تصویر  $\xi$  بدست می آید.

در این تصویر هر پیکسل از رابطه (۱۰) بدست می آید.

جدول ۱ نتایج مقایسه الگوریتمهای آشکارسازی عروق fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای با سایر الگوریتمها با استفاده از پایگاه داده DRIVE

دقت	الگوریتم
٪۳۳,۹۴	محدودیت فاصله ای میانگین
٪۵۰,۵۶	محدودیت فاصله ای میانه
٪۳۳,۲۱	محدودیت فاصله ای تقویت شده
٪۶۹,۶۷	محدودیت فاصله ای عمومی و سریع
٪۹۴,۴۱	Staal [15]
٪۸۷,۵	Zana [16]
٪۸۱	Jiang [17]

در این نتایج دقت بر اساس تعداد نقاط درست تشخیص داده شده در مقایسه با تصاویری که بصورت دستی آشکارسازی شده اند، بدست آمده است.

#### ۵- نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتمهای fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای بر روی تصاویر شبکیه چشم مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج بدست آمده از این الگوریتمها با نتایج سه الگوریتم دیگر که از پایگاه داده DRIVE استفاده کرده اند در جدول ۱ مقایسه شدند. همانطور که در نتایج مشخص است الگوریتم fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای عمومی و سریع نسبت به سایر روشهای fuzzy c-means با محدودیت فاصله ای نتایج بهتری دارد، اما نتایج این الگوریتم نسبت به الگوریتمهای دیگر برتری ندارد.

#### مراجع

- [1] A course in fuzzy systems and control, Wang, Lie-Xin
- [2] D. C. Klonoff and D. M. Schwartz, "An economic analysis of interventions for diabetes," *Diabetes Care*, vol. 23, no. 3, pp. 390-404, 2000
- [3] M.N. Ahmed, S.M. Yamany, N. Mohamed, A.A. Farag, T. Moriarty, A modified fuzzy c-means algorithm for bias field estimation and segmentation of MRI data, *IEEE Trans. Med. Imaging* 21 (2002)193-199
- [4] S.C. Chen, D.Q. Zhang, Robust image segmentation using FCM with spatial constraints based on new kernel-induced distance measure, *IEEE Trans. Systems Man Cybernet. B* 34 (4) (2004)
- [5] L. Szilágyi, Z. Benyó, S.M. Szilágyii, H.S. Adam, MR brain image segmentation using an enhanced fuzzy c-means algorithm, in: 25<sup>th</sup> Annual International Conference of IEEE EMBS, 2003

$$S_{g-ij} = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{\lambda_g \times \sigma_{g-i}^2}\right) \quad (16)$$

$$\sigma_{g-i} = \sqrt{\frac{\sum_{j \in N_i} \|x_j - x_i\|^2}{N_R}} \quad (17)$$

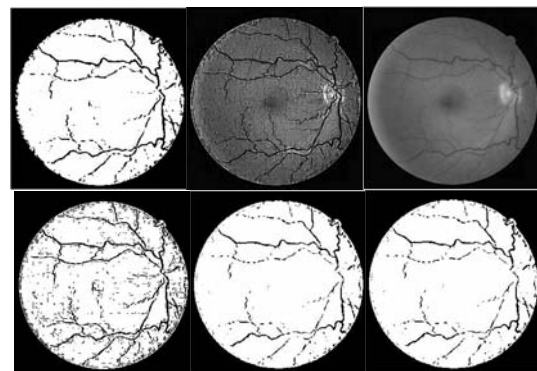
در رابطه (۱۵) p مختصات نقطه و  $\lambda_s$  فاکتور مقیاس توزیع  $S_{g-ij}$  است. در رابطه (۱۶)  $\lambda_s$  فاکتور مقیاس توزیع  $S_{g-ij}$  را مشخص می کند. در این الگوریتم تابع هدف شبیه الگوریتم Szilagy [5] است. اما تصویر  $\xi_i$  از رابطه زیر بدست می آید.

$$\xi_i = \frac{\sum_{j \in N_i} S_{ij} x_j}{\sum_{j \in N_i} S_{ij}} \quad (18)$$

یک الگوریتم پیشنهادی، استفاده از پارامتر  $S_{ij}$  بجای پارامتر  $\alpha$  در الگوریتم Ahmed [3] است.

#### ۴- نتایج آزمایشهای انجام شده

الگوریتمها بر روی تصاویر پایگاه داده DRIVE [20] آزمایش شدند. آزمایشات بر روی یک کامپیوتر Pentium 3، 1000MHz، با 512MB RAM و با استفاده از نرم افزار MATLAB 7 انجام شده است. در شکل (۱) نمونه ای از نتایج مشاهده می شود. در جدول (۱) نتایج بصورت کامل گزارش شده است.



شکل ۱: از بالا به پایین و راست به چپ شکل اول تصویر اصلی، شکل دوم تصویر پیش پردازش شده، شکل سوم تصویر تقطیع شده با الگوریتم محدودیت فاصله ای میانه، شکل چهارم تصویر تقطیع شده با الگوریتم محدودیت فاصله ای میانگین، شکل پنجم تصویر تقطیع شده با الگوریتم محدودیت فاصله ای تقویت شده، شکل ششم تصویر تقطیع شده با الگوریتم محدودیت فاصله ای عمومی و سریع.

- [6] W. Cai, S. Chen, D. Zhang, Fast and robust fuzzy c-means clustering algorithms incorporating local information for image segmentation, *Pattern Recognition* 40 (2007)
- [7] S. Chaudhuri, S. Chatterjee, N. Katz, M. Nelson, and M. Goldbaum, Detection of Blood Vessels in Retinal Images Using Two-Dimensional Matched Filters, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 8, no. 3, September 1989
- [8] O. Chutatape, L. Zheng, and S. M. Krishnan, Retinal blood vessel detection and tracking by matched Gaussian and kalman filters, *Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, Vol. 20, No 6, 1998
- [9] J. V. B. Soares, J. J. G. Leandro, R. M. Cesar Jr., H. F. Jelinek, M. J. Cree, Retinal Vessel Segmentation Using the 2-D Gabor Wavelet and Supervised Classification, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. 25, no. 9, September 2006
- [10] T. Chanwimaluang, G. Fan, An efficient blood vessel detection algorithm for retinal images using local entropy thresholding, *IEEE Proceedings* 2003
- [11] Frédéric Zana and Jean-Claude Klein, Segmentation of Vessel-Like Patterns Using Mathematical Morphology and Curvature Evaluation, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 10, no.7, July 2001
- [12] Sumeet Dua, Naveen Kandiraju, Hilary W. Thompson, Design and Implementation of a Unique Blood-vessel Detection Algorithm towards Early Diagnosis of Diabetic Retinopathy, *Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'05)* IEEE
- [13] Xinge You, Bin Fang, Yuan Yan Tang, Zhenyu He, and Jian Huang, Locating Vessel Centerlines in Retinal Images Using Wavelet Transform: A Multilevel Approach *ICIC 2005, Part I, LNCS 3644*, pp. 688–696, 2005. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005
- [14] Katia Estabridis and Rui Defigueiredo, Blood Vessel Detection via a Multi-window Parameter Transform, *Proceedings of the 19th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'06)*
- [15] J. Staal, M. D. Abramoff, M. Niemeijer, M. A. Viergever, and B. Ginneken, "Ridge-based vessel segmentation in color images of retina," *IEEE Trans. Medical Imaging*, vol. 23(4), pp. 501–509, 2004.
- [16] F. Zana and J. Klein, "Segmentation of vessel-like patterns using mathematical morphology and curvature evaluation," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 10(7), pp. 1010–1019, 2001.
- [17] X. Jiang and D. Mojon, "Adaptive local thresholding by verification-based multi-threshold probing with application to vessel detection in retinal images," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 25(1), pp. 131–137, 2003.
- [18] W. K. Pratt, *Digital Image Processing*, 3rd ed. New York: Wiley, 2001
- [19] F. Meyer, "Iterative image transformations for an automatic screening of cervical smears", *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, The Histochemical Society, p1979, p.128-135.
- [20] S. Sternberg, "Grayscale morphology", *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, 1986, pp.333-355.
- [21] <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE/>